Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1225-1239

**نشریه بوم شناسی کشاورزی**
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1225-1239

# اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch) بر قابلیت رقابت با برنج (*Oryza sativa* L.) (2. مطالعات انتهای فصل‌رشد: عملکرد و قابلیت رقابت)

**المیرا محمدوند[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و بیژن یعقوبی[3]**

تاریخ دریافت: 1396/02/09
تاریخ پذیرش: 1396/04/04

محمدوند، ا.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و یعقوبی، ب. 1398. اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch) بر قابلیت رقابت با برنج (*Oryza sativa* L.) (2. مطالعات انتهای فصل‌رشد: عملکرد و قابلیت رقابت). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (4):1225-1239.

## چکیده

زمان رویش و تراکم علف‌های هرز اهمیت بسیاری در اثرات متقابل رقابتی آن‌ها با گیاه زراعی دارد. لذا برای علف‌هرز سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch)، به‌عنوان یک گونه نسبتاً تازه‌وارد، بررسی نقش زمان رویش در خزانه برنج (*Oryza sativa* L.) و در نتیجه سن گیاهچه علف‌هرز در هنگام انتقال از خزانه به زمین اصلی و نیز بررسی میزان این انتقال و در نتیجه تراکم نسبی علف‌هرز در زمین اصلی ضرورت دارد. نقش سن گیاهچه سوروف‌آبی هنگام نشاکاری (10، 20 و 30 روز) و نسبت تراکم سوروف‌آبی: برنج در هرکپه (4:0، 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز: برنج) بر صفات سوروف‌آبی و برنج در هنگام رسیدگی گیاه زراعی (90 روز پس از نشاکاری)، طی دو سال مطالعه مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. افزایش تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد نسبی هر دو گونه و شاخص غالبیت برنج شد؛ اگرچه شاخص برداشت کاهش یافت. به‌جز عملکرد دانه برنج در تک‌کشتی و در نسبت 3:1 (علف‌هرز: برنج) سال دوم که تفاوت معنی‌داری با سوروف‌آبی نداشت؛ در سایر نسبت‌ها عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه علف‌هرز بیش‌تر از برنج متناظر بود. شاخص برداشت برنج در همه نسبت‌های کاشت بیش‌تر از علف‌هرز بود. در سال اول آزمایش، تیمار گیاهچه‌های 30 روزه سوروف‌آبی دارای بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک، دانه و نسبی علف‌هرز، کم‌ترین عملکرد دانه و نسبی برنج، و کم‌ترین شاخص برداشت هر دو گونه بودند. در همه سنین گیاهچه علف‌هرز عملکرد سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج متناظر بود. بررسی صفات ارزیابی شده و نمودارهای سری‌های جانشینی حاکی از قابلیت رقابت بالای علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی بود که بر ضرورت توجه به گسترش این علف‌هرز در منطقه تأکید دارد.

**واژه‌های کلیدی:** الگوهای رویش، تراکم نسبی، رقابت، نسبت کاشت

## مقدمه

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین موانع بیولوژیکی در تولید برنج بوده و رقابت آن‌ها با برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد این گیاه زراعی به شمار می‌رود (Ni et al., 2000). از آن‌جاکه جوانه‌زنی اولین مرحله‌ای است که در آن علف‌هرز

1- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و دانشجوی سابق دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2 و 3- به‌ترتیب استاد گروه اگروتکنولوژی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v11i4.64039

به رقابت جهت تصاحب یک آشیانه اکولوژیک می‌پردازد (Forcella et al., 2000)، لذا زمان رویش علف‌های هرز در اثرات رقابتی آن‌ها با برنج اهمیت می‌یابد (Gibson et al., 2002). طی بررسی دوره سبز شدن علف‌های هرز در کشت نشائی برنج، 25 تا 54 درصد از تعداد کل علف‌های هرز سبز شده در 12 روز نخست بعد از نشاکاری و در حدود 90 درصد آن‌ها تا 43 روز پس از نشاکاری سبز شدند. اگرچه دوره سبزشدن کامل علف‌های هرز بسته به زمان نشاکاری بین 70، 60 و 50 روز به‌ترتیب در زمان نشاکاری زودهنگام، رایج و دیرهنگام متفاوت بود. وجین کامل تا 60 روز پس از نشاکاری در کشت زودهنگام و رایج از کاهش عملکرد برنج به‌واسطه علف‌های هرز جلوگیری کرد (Suzuki & Suto, 1975). رقابت بین سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch) و برنج می‌تواند در اوایل فصل‌رشد، احتمالاً قبل از وقوع معنی‌دار سایه‌دهی صورت گیرد. در مطالعه دوره بحرانی رقابت بین برنج و سوروف‌آبی در شرایط مزرعه‌ای، عملکرد برنج وقتی کرت‌ها 30 روز و بیش‌تر عاری از علف‌هرز بودند، کاهش پیدا نکرد. وقتی به سوروف‌آبی دیررس (*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss) فقط اجازه 31 روز رقابت با برنج داده شد، کاهش عملکرد معنی‌دار صورت گرفت و با افزایش دوره آلودگی به علف‌های هرز، عملکرد برنج به‌سرعت کاهش یافت (Gibson et al., 1999). در تحقیقی دیگر کاهش عملکرد بیش از 47 درصد بسته به رقم و سال هنگامی‌که رقابت فقط به 37 روز پس از کشت محدود شد، مشاهده شد (Smith, 1968). جانسون و همکاران (Johnson et al., 2004) کاهش 40 تا 48 درصد را در عملکرد دانه برنج وقتی علف‌های هرز هم‌زمان با گیاه زراعی سبز شدند در مقایسه با کنترل علف‌های هرز تا 45 روز پس از کاشت محصول، گزارش کردند. پررا و همکاران (Perera et al., 1992) دریافتند که وقتی سوروف 10 روز پس از برنج نشاء شد، رقیب ضعیف‌تری بود. نتایج تحقیق چاوهان و جانسون (Chauhan & Johnson, 2010) نیز حاکی از برتری علف‌های هرز بر برنج در شرایط جوانه‌زنی زودهنگام این گونه‌ها بود. دانه‌رست علف‌های هرزی که در فصل رشد زودتر سبز می‌شوند در مقایسه با گونه‌هایی که دیرتر سبز می‌شوند، زیست‌توده بیش‌تری تولید می‌کنند؛ زیرا سایه‌دهی و رقابت گیاه زراعی برای مواد غذایی و رطوبت خاک با رویش زودهنگام به حداقل می‌رسد. به نظر می‌رسد کلونیزاسیون اولیه خاک در نتیجه رقابت برنج با گونه‌های هرز اهمیت بحرانی داشته باشد، چنان‌که در بسیاری اثرات متقابل رقابتی اهمیت فراوانی دارد (Gibson et al., 1999). اگرچه اهمیت رقابت تحت تأثیر تراکم علف‌هرز نیز قرار دارد. رقابت تمام فصل سوروف‌آبی در تراکم‌های 86 و 36 بوته در مترمربع به‌ترتیب سبب 59 و 46 درصد کاهش عملکرد برنج شد (Gibson et al., 2002).

این آزمایش مزرعه‌ای به‌منظور بررسی نقش زمان رویش علف‌هرز تازه‌وارد سوروف‌آبی در خزانه برنج و در نتیجه سن گیاهچه سوروف‌آبی در هنگام انتقال از خزانه به زمین اصلی در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و علف‌هرز، بر رقابت علف‌هرز-گیاه‌زراعی به اجرا در آمد. نتایج بررسی‌های طی فصل رشد در بخش اول مقاله ارائه شد. در این مقاله (بخش دوم) نتایج ارزیابی‌های انتهای فصل ارائه شده است.

## مواد و روش‌ها

مراحل تهیه بذر، احداث خزانه برنج و علف‌هرز، آماده‌کردن زمین اصلی، نشاکاری، و عملیات دوره رشد در بخش اول تحقیق حاضر توضیح داده شده است (Mohammadvand et al., 2019). در انتهای فصل رشد و هنگام رسیدگی گیاه زراعی (90 روز پس از نشاکاری)، برداشت در سال اول از سطح پنج مترمربع مرکز کرت و در سال دوم از 2/5 مترمربع یک طرف کرت پس از حذف ردیف‌های حاشیه صورت گرفت. جداسازی پانیکول‌های سوروف‌آبی و برنج از ساقه با دست انجام شد. وزن خشک دانه‌ها به همراه پانیکول با قرار دادن آن‌ها در آون و دمای 75 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، اندازه‌گیری شد. عملکرد شلتوک برنج و عملکرد دانه سوروف‌آبی با در نظر گرفتن رطوبت 12 درصد محاسبه شد. هم‌چنین کلیه بوته‌های یک مترمربع از هر کرت کف‌بُر شده و برای تعیین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دو گونه (از نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک کل اندام‌های هوایی)، با جداسازی پانیکول و کاه از یکدیگر و خشکاندن در آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی توانایی رقابت نسبی دو گونه زراعی و هرز با استفاده از عملکرد نسبی[1]، مجموع عملکرد نسبی[2] (Harper, 1977; De Wit & Van Den Bergh, 1965)،

1- Relative yield (RY)

2- Relative yield total (RYT)

شاخص غالبیت[1] (Wang et al., 2006) و رسم نمودارهای سری جانشینی (Harper, 1977) انجام شد.

از ترکیب فاکتوریل سن گیاهچه سوروف‌آبی هنگام نشاکاری (10، 20 و 30 روز) و نسبت تراکم سوروف‌آبی: برنج در هرکپه (4:0، 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز: برنج)، 15 تیمار حاصل شد که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه مرکب داده‌ها به‌صورت فاکتوریل اسپلیت صورت گرفت که در آن آرایش فاکتوریل سن گیاهچه علف‌هرز و نسبت علف‌هرز: برنج به‌عنوان عامل اصلی و گونه (برنج یا سوروف‌آبی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال با سایر عوامل، تجزیه واریانس به‌صورت جداگانه برای هر سال انجام شد. هم‌چنین تجزیه واریانس جداگانه‌ای نیز برای هر گونه (برنج و سوروف‌آبی) انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی در نرم‌افزار SAS, ver. 9.1، و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

در هر دو سال آزمایش، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (با رطوبت 12 درصد) در برنج و علف‌هرز تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول1)؛ اگرچه این مقادیر در سال دوم آزمایش بیش‌تر بود (جدول2). مقادیر بالاتر عملکرد سوروف‌آبی در سال دوم را می‌توان در رابطه با رفع مشکل کم‌آبی دانست. افزایش زودهنگام دما که در سال دوم حادث شد، سبب افزایش توانایی فتوسنتزی گیاهان چهارکربنه می‌شود که در شرایط فراهمی آب، رشد بیش‌تر و جذب بالاتر منابع موجود را به دنبال خواهد داشت. سوروف‌آبی با جذب نیتروژن مورد نیاز گیاه زراعی، ممکن است رشد خود را نسبت به آن افزایش داده و از نظر ارتفاع و شاخص سطح برگ برتری یابد. در چنین شرایطی کاهش رشد برنج بیش از کاهش ناشی از فقط کمبود نیتروژن خواهد بود (Gibson et al., 1999). نیتروژن مورد نیاز گیاه زراعی معمولاً تحت شرایط تک‌کشتی تعیین می‌شود و سطوح نیتروژنی که برای رشد تک‌کشتی کافی هستند، ممکن است زمانی‌که برنج آلوده به علف‌هرز است، ناکافی باشند. تولید زیست‌توده ریشه در سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج است و نسبت به برنج درصد بیش‌تری از وزن خشک کل را به ریشه اختصاص می‌دهد (Gibson et al., 1999). این سرمایه‌گذاری در تولید ریشه در ترکیب با متابولیسم کارآمدتر چهارکربنه و کارایی مصرف نیتروژن بالاتر در گیاهان چهارکربنه ممکن است علت واکنش در مجموع بیش‌تر گونه *Echinochloa* نسبت به نیتروژن در مقایسه با برنج را توضیح دهد (Le Strange, 1981). مقادیر عملکرد در برنج و سوروف‌آبی تحت تأثیر تعداد گیاهچه هر گونه در نسبت‌کاشت قرار گرفت (جدول1). در گیاه زراعی برنج در نسبت‌های کاشت 1:3، 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج مقادیر عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در سال اول آزمایش 1/8، 2/5، 3/6 و 7/0 تن در هکتار و در سال دوم 1/6، 2/7، 5/2 و 9/6 تن در هکتار و مقادیر عملکرد دانه به‌ترتیب در سال اول آزمایش 1/0، 1/3، 1/8 و 4/0 تن در هکتار و در سال دوم آزمایش 0/8، 1/2، 2/2 و 4/5 تن در هکتار بود (جدول 2). به‌جز تفاوت میان نسبت‌های 1:3 و 2:2 علف‌هرز: برنج که در سال اول معنی‌دار نشد، بقیه نسبت‌ها در این سال تفاوت معنی‌داری از نظر میزان عملکرد بیولوژیک و دانه برنج نشان دادند. هم‌چنین در سال دوم با افزایش سهم برنج در نسبت‌کاشت، عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در علف‌هرز سوروف‌آبی نیز افزایش سهم علف‌هرز در نسبت کاشت، به‌طورکلی سبب افزایش عملکرد شد. در نسبت‌های کاشت 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز: برنج مقادیر عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در سال اول آزمایش 6/4، 7/5، 8/2 و 8/9 تن در هکتار و در سال دوم 6/4، 8/9، 10/3 و 11/0 تن در هکتار و مقادیر عملکرد دانه به‌ترتیب در سال اول آزمایش 2/8، 3/2، 3/4 و 3/6 تن‌درهکتار و در سال دوم آزمایش 2/6، 3/2، 3/6 و4/0 تن در هکتار بود. با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت به یک، دو و سه بوته، تراکم علف‌هرز در واحد سطح به‌ترتیب به 20، 40 و 60 بوته در مترمربع افزایش یافت و در میانگین دو سال به‌ترتیب سبب 47، 68 و 79 درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک و 53، 70 و 79 درصد کاهش در عملکرد دانه برنج در مقایسه با شاهد گردید. در آزمایشی دو ساله پرزدویدا و همکاران (Perez de Vida et al., 2006) رقابت هشت رقم برنج با سوروف‌آبی دیررس را مورد مطالعه قرار دادند. رقابت سبب کاهش باروری برنج و فرونشانی علف‌هرز شد. به‌طوری‌که رقابت، میانگین عملکرد برنج را 32 تا 48 درصد و زیست‌توده سوروف‌آبی دیررس را 44 تا 77 درصد کاهش داد.

1- Aggressivity index (AI)

افزایش تعداد برنج به یـک، دو و سـه بوتـه در نسـبت کاشـت، به‌ترتیب سبب تنها 7، 17 و 35 درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک و 8، 16 و 30 درصد کاهش در عملکرد دانه سوروف‌آبی در مقایسه بـا شاهد علف‌هرز شد. مقایسه این مقادیر نشان مـی‌دهـد کـه سـوروف رقیب بسیار قوی‌تری نسبت به برنج است. نی و همکاران (Ni et al., 2004) اظهار داشتند که کاهش عملکرد در هر سه رقم برنج به‌مقدار بیش‌تری تحت تأثیر تراکم سوروف نسبت به تراکم گیاه زراعی قـرار گرفت. در مطالعه‌ای که توسط اتیس و تـالبرت (Ottis & Talbert, 2007) انجام شد، افزایش کنتـرل سـوروف تولیـد زیسـت‌تـوده کـل اندام‌های هوایی را در برنج افزایش داد.

مقایسه عملکرد بیولوژیک برنج و علف‌هرز در هر نسـبت‌کاشـت، حاکی از بیش‌تر بودن مقدار علف‌هرز نسبت بـه بـرنج متنـاظر بـود. بنابراین حتی یک گیاهچه علف‌هرز که از خزانه به زمین اصلی منتقل شود، می‌تواند ماده خشکی بیش‌تر از سه گیاهچه بـرنج نشـاء شـده، تولید کند. در مورد عملکرد دانه مشاهده شد که در سال اول در کلیه مخلوط‌ها سوروف‌آبی برتری داشت؛ امّا در سال دوم عملکرد دانه برنج در مخلوطی که تنها یک گیاهچه علـف‌هـرز حضـور داشـت، تفـاوت معنی‌داری با سوروف‌آبی نداشـت. در مقایسـه تـک‌کشـتی دو گونـه، عملکرد دانه دو گونه طی هر دو سال تفاوت معنی‌داری نشـان نـداد. احتمالاً اندازه دانه بزرگ‌تر و وزن دانه سنگین‌تر و بنـابراین شـاخص برداشت بیش‌تر برنج سبب شده که علی‌رغم کـم‌تـر بـودن عملکـرد بیولوژیک، گیاه زراعی بتواند عملکرد دانه نزدیک‌تری بـه علـف‌هـرز تولید کند. در سال اول آزمایش عملکرد بیولوژیک علف‌هـرز بـه‌طـور معنی‌داری تحت تأثیر سن گیاهچه علف‌هرز هنگـام نشـاکاری، قـرار گرفت (جدول1) و در گیاهچه‌های 30 روزه به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های 20 و 10 روزه بود. در بررسی رقابت بین برنج و مخلوط جمعیت گونه‌های سوروف‌آبی زودرس و دیررس، تأخیر در سبز شـدن سوروف‌آبی تا 15 روز بعد از کاشت گیاه زراعی و سپس ایجاد تـراکم 200 بوته در مترمربع، وزن‌خشک سـوروف‌آبـی را 74 تـا 87 درصـد کاهش داد و بـه 230 گـرم در مترمربـع در سـال اول و 58 گـرم در مترمربع در سال دوم آزمایش رساند. وقتی سوروف‌آبی 30 روز پس از برنج در مزرعه کشت شد، قادر به حفظ بقاء خود نبود و از بین رفـت. به‌عبارت دیگر وقتی سبز شدن سوروف‌آبی تا 30 روز یا بیش‌تر و تـا زمان بسته شدن کانوپی برنج به تأخیر افتاد، گیاه زراعی به‌تنهایی قادر به فرونشانی کامل علف‌هرز بود (Gibson et al., 2002).

در سال اول آزمایش عملکـرد دانـه نیـز متـأثر از سـن گیاهچـه علف‌هرز شد و عملکرد دانه هـر دو گونـه در گیاهچـه‌هـای 30 روزه متفاوت از گیاهچه‌های 10 و 20 روزه بود. هم‌چنین در همـه سـنین گیاهچه علف‌هرز عملکرد سوروف‌آبی بیش‌تـر از بـرنج متنـاظر بـود. توانایی گیاه زراعی برنج در رقابت با رشد سوروف‌آبی ارتباط مستقیم با طول دوره بین بسته‌شدن کانوپی گیاه زراعی و سبزشـدن علـف‌هـرز دارد. در رویش هم‌زمان سوروف‌آبی با گیاه زراعی، رقابت نور مزیتـی برای گیاه زراعی ایجاد نمی‌کند؛ زیرا گیاهان سوروف‌آبی که هم‌زمان با گیاه زراعی سبز می‌شوند، قادر به جبران اثرات سـایه‌دهـی هسـتند (Gibson et al., 2002). گیاهان از نظر فنوتیپی انعطاف‌پذیر هستند و می‌توانند مورفولـوژی و فیزیولـوژی خـود را جهـت بهبـود قابلیـت دسترسی به یک منبع وقتی آن منبع رشد را محدود مـی‌کنـد، تغییـر دهند (Gibson & Fischer, 2001; Gibson et al., 2004; Holt, 1995; Patterson, 1995; Ryser & Eek, 2000). گیبسـون و فیشر (Gibson & Fischer, 2001) اظهار داشتند که بـدون رقابـت بر سر مواد غـذایی، انعطـاف‌پـذیری در مورفولـوژی بـرگ و تسـهیم زیست‌توده، درکنار ارتفاع بیش‌تر، به سوروف‌آبی زودرس اجازه داد تـا حد قابل‌توجهی اثرات سایه‌دهی را جبران کند. بنابراین سایه‌دهی گیاه زراعی به‌تنهایی احتمالاً سوروف‌آبی را به‌مقدار کافی کنترل نمی‌کنـد. اهمیت نسبی سایه‌دهی توسط گیاه زراعی وقتی علف‌هرز پس از برنج سبز شود، افزایش می‌یابد. علف‌های هرزی که دیر جوانـه مـی‌زننـد، ممکن است نتوانند برای غلبه بر سایه‌دهی گیاه زراعی به‌قـدر کـافی رشد کنند. در مزارعی که دانه‌رست‌های برنج بـه‌خـوبی اسـتقرار پیـدا کنند، کانوپی بسته گیاه زراعی می‌تواند رسیدن نور بـه سـطح آب را بیش از 99 درصد کاهش دهد (Gibson et al., 2002). گزارش شده که تأخیر در رویش سوروف تا 45 روز بعـد از کاشـت بـرنج بـه‌طـور معنی‌داری زیست‌توده سوروف را کاهش و عملکرد دانه بـرنج را (30 تا40 درصد) افزایش داد؛ امّا تـأخیر بـیش‌تـر رویـش علـف‌هـرز اثـر معنی‌داری بر کاهش زیست‌تـوده و افـزایش عملکـرد بـرنج نداشـت. عملکرد تیمارهایی که در آن سوروف هم‌زمان با برنج سـبز شـد، 56 درصد عملکرد دانه تیمارهایی بود که علف‌هرز 60 روز بعد از سبزشدن برنج سبز شد. تأخیر در سبز شدن علف‌هرز تنها 15 روز نسبت به گیاه زراعی منجر به حداقل 15 درصد عملکرد دانـه بـیش‌تـر بـرنج شـد. علف‌های هرزی که 15 روز پس از سبزشدن گیاه زراعی کشت شـده بودند، در فاصله ردیف 20 و 30 سانتی‌متر به‌ترتیب 59 و 65 درصـد

زیست‌توده علف‌های هرزی را داشتند که هم‌زمان با گیاه زراعی سبز شده بودند. تأخیر در سبز شدن علف‌هرز تا 30 روز پس از سبز شدن برنج، منجر به 65 درصد کاهش در زیست‌توده علف‌هرز شد. زیست‌توده علف‌های هرزی که 60 روز پس از رویش برنج سبز شده بودند، تنها 0/6 تا 2/8 درصد علف‌های هرزی بود که هم‌زمان با برنج سبز شده بودند (Chauhan & Johnson, 2010).

## شاخص برداشت

شاخص برداشت طی هر دو سال آزمایش به‌طور معنی‌داری در برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود (جدول1). میانگین این شاخص در برنج 47 و41 درصد و در سوروف‌آبی 37 و 33 درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مقادیر شاخص برداشت در سال اول بالاترند. این نتیجه با درنظرگرفتن شرایط نسبی کم‌آبی در سال اول و شرایط مطلوب سال دوم دور از انتظار نبود. شاخص برداشت در دو گونه تحت تأثیر تعداد گیاهچه هر گونه در نسبت‌کاشت قرار گرفت (جدول1). در گیاه زراعی برنج بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت در سال اول در تک‌کشتی برنج (51 درصد) و مخلوط دارای کم‌ترین تعداد گیاهچه برنج (نسبت 1:3 علف‌هرز: برنج) (49 درصد) مشاهده شد. در سال دوم هم‌پوشانی زیادی بین نسبت‌های کاشت وجود داشت وکم‌ترین مقدار شاخص برداشت در نسبت 3:1 علف‌هرز: برنج دیده شد (38 درصد) (جدول 2). شاخص برداشت تحت تأثیر رقابت قرار می‌گیرد. اتیس و تالبرت (Ottis & Talbert, 2007) نشان دادند که کاهش تراکم برنج و افزایش کنترل سوروف تولید زیست‌توده کل اندام‌های هوایی و شاخص برداشت برنج را افزایش داد. در سوروف‌آبی بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت در کم‌ترین نسبت حضور علف‌هرز که دارای بیش‌ترین رقابت با برنج بود، مشاهده شد (جدول 2). هم‌چنین شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاکاری، قرار گرفت (جدول 1) . در گیاه زراعی، بوته‌هایی که در رقابت با گیاهچه‌های 30 روزه سوروف‌آبی بودند، شاخص برداشت کم‌تری در سال اول نشان دادند، ولی در سال دوم تفاوتی مشاهده نشد. در علف‌هرز گیاهچه‌های 30 روزه به‌طور معنی‌داری کم‌ترین مقدار شاخص برداشت را داشتند (جدول 3).

## ارزیابی رقابت گیاه زراعی و علف‌هرز

عملکرد نسبی و مجموع عملکرد نسبی بر اساس تعداد پنجه هنگام برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه محاسبه شد. روش جانشینی با ارزیابی رشد نسبت به تک‌کشتی، جهت مطالعه اثرات تداخل بین دو گونه در یک تراکم کل به‌خصوص مفید است و می‌تواند پویایی تداخل بین گیاه زراعی و علف‌هرز را در مخلوط به‌خوبی مورد بررسی قرار دهد (Radosevich, 1987). هم‌چنین نمودارهای سری جانشینی (Harper, 1977) امکان تعیین توانایی رقابت نسبی دو گونه را فراهم می‌کنند.

نتایج تجزیه واریانس مقادیر محاسبه شده عملکرد نسبی در جدول 1 ارائه شده است. نتایج نشان داد که عملکرد نسبی در دو گونه با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد. هم‌چنین عملکرد نسبی تحت تأثیر نسبت هر گونه در مخلوط قرار گرفت و با افزایش سهم هر گونه در نسبت کاشت عملکرد نسبی آن افزایش یافت (جدول2). وجود تعداد بیش‌تر گیاهچه در هنگام نشاکاری، شانس اولیه بیش‌تری را جهت توسعه و بهره‌گیری از منابع محدود در اختیار آن قرار می‌دهد و گیاهچه با رشد اولیه بیش‌تر می‌تواند قابلیت رقابت خود در مراحل بعدی را افزایش دهد. گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) نیز اظهار داشتند که قابلیت رقابت نسبی بر اساس تعداد پنجه سوروف و سه رقم برنج، بین گونه‌ها (برنج و سوروف) و نیز بین سه رقم برنج و یا میان سه نسبت مخلوط متفاوت بود و عملکرد نسبی گونه‌ها با افزایش تعداد آن‌ها در نسبت سوروف: برنج افزایش یافت. در نسبت 2:2 عملکرد نسبی سوروف از گونه دارای قابلیت بازدارندگی کم، بیش‌تر بود امّا مشابه رقم دارای بازدارندگی زیاد و هیبرید بود. مجموع عملکرد نسبی در مخلوط‌ها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تک‌کشتی بود (جدول2). مجموع عملکرد نسبی رقابت دو گونه برای منابع مشترک را پیش‌بینی می‌کند (Harper, 1977). مجموع عملکرد نسبی برابر با یک نشان می‌دهد که دو گونه بر روی منابع محدود مشترک به رقابت می‌پردازند. مقادیر کم‌تر از یک نشان می‌دهد که رابطه آنتاگونیستی بین دو گونه وجود داشته و مقادیر بزرگ‌تر از یک نشان می‌دهد که دو گونه نیاز به منابع محدود متفاوتی دارند و بنابراین رقابت قابل اجتناب بوده است (Estorninos Jr. et al., 2002). مقادیر بزرگ‌تر از یک هم‌چنین نشان می‌دهد که یکی از گونه‌ها بیش‌تر از گونه‌های دیگر از منابع محدود بهره‌برداری کرده است (Radosevich, 1987). می‌توان نتیجه گرفت که مخلوط برنج و سوروف‌آبی حداقل در بعضی منابع می‌تواند استفاده بهینه‌تری از شرایط داشته باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (مقادیرF) اثرات سن گیاهچه سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) هنگام نشاکاری و نسبت‌های مختلف کاشت برنج و علف‌هرز بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص‌برداشت، تولید نسبی پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و شاخص غالبیت برنج بر اساس تولید پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

**Table 1– Analysis of variance (F values) for the effects of watergrass (*E. oryzoides*) seedlings ages at the time of transplanting and planting proportions of rice and weed on biological and grain yield, harvest index, relative yield of tiller, biological yield and grain yield, and aggressivity index of rice based on tiller, biological yield and grain yield**

| منابع تغییر<br>Source of variation | درجه آزادی<br>Degree of freedom[d] | عملکرد بیولوژیک<br>Biological yield | عملکرد دانه<br>Grain yield | شاخص برداشت<br>Harvest index | تولید نسبی پنجه<br>Tiller relative yield | عملکرد نسبی بیولوژیک<br>Biological relative yield | عملکرد نسبی دانه<br>Grain relative yield | شاخص غالبیت برنج بر اساس<br>aggressivity index of rice based on | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | تولید پنجه<br>Tiller | عملکرد بیولوژیک<br>Biological yield | عملکرد دانه<br>Grain yield |
| **سال اول**<br>**First year** | | | | | | | | | | |
| سن‌گیاهچه [a]<br>Weed seedling age (WSA) | 2 | $4.18^{ns}$ | $0.30^{ns}$ | $15.12^{**}$ | $4.36^{*}$ | $0.91^{ns}$ | $0.44^{ns}$ | $3.02^{ns}$ | $0.33^{ns}$ | $0.31^{ns}$ |
| نسبت [b]<br>Planting proportion (PP) | 3 | $115.92^{**}$ | $134.71^{**}$ | $11.58^{*}$ | $1.49^{ns}$ | $1.22^{ns}$ | $0.30^{ns}$ | $5.78^{*}$ | $4.12^{*}$ | $0.90^{ns}$ |
| سن گیاهچه × نسبت<br>WSA×PP | 6 | $0.87^{ns}$ | $0.53^{ns}$ | $1.56^{ns}$ | $1.16^{ns}$ | $1.08^{ns}$ | $1.86^{ns}$ | $1.15^{ns}$ | $1.01^{ns}$ | $0.70^{ns}$ |
| گونه [c]<br>Species (S) | 1 | $241.57^{**}$ | $89.77^{**}$ | $1077.75^{**}$ | $91.08^{**}$ | $121.71^{**}$ | $182.94^{**}$ | $91.08^{**}$ | $121.71^{**}$ | $182.94^{**}$ |
| سن‌گیاهچه × گونه<br>WSA×S | 2 | $7.94^{**}$ | $7.39^{**}$ | $11.19^{**}$ | $8.97^{**}$ | $8.15^{**}$ | $7.89^{**}$ | $8.97^{**}$ | $8.15^{**}$ | $7.89^{**}$ |
| نسبت × گونه<br>PP×S | 3 | $15.73^{**}$ | $22.54^{**}$ | $54.97^{**}$ | $25.91^{**}$ | $11.83^{**}$ | $8.60^{**}$ | $25.91^{**}$ | $11.83^{**}$ | $8.60^{**}$ |
| سن‌گیاهچه × نسبت × گونه<br>WSA×PP×S | 6 | $0.79^{ns}$ | $0.64^{ns}$ | $2.28^{ns}$ | $0.45^{ns}$ | $0.14^{ns}$ | $0.22^{ns}$ | $0.45^{ns}$ | $0.14^{ns}$ | $0.22^{ns}$ |
| **سال دوم**<br>**Second year** | | | | | | | | | | |
| سن‌گیاهچه [a]<br>Weed seedling age (WSA) | 2 | $2.78^{ns}$ | $0.48^{ns}$ | $5.95^{**}$ | $1.51^{ns}$ | $4.69^{*}$ | $6.77^{**}$ | $0.99^{ns}$ | $0.50^{ns}$ | $0.28^{ns}$ |
| نسبت [b]<br>Planting proportion (PP) | 3 | $184.86^{**}$ | $320.23^{**}$ | $0.33^{ns}$ | $2.68^{ns}$ | $0.35^{ns}$ | $2.94^{ns}$ | $2.53^{ns}$ | $0.39^{ns}$ | $1.95^{ns}$ |
| سن گیاهچه × نسبت<br>WSA×PP | 6 | $0.88^{ns}$ | $1.48^{ns}$ | $1.21^{ns}$ | $0.68^{ns}$ | $1.08^{ns}$ | $1.38^{ns}$ | $0.25^{ns}$ | $0.14^{ns}$ | $0.48^{ns}$ |
| گونه [c]<br>Species (S) | 1 | $241.36^{**}$ | $80.32^{**}$ | $180.80^{**}$ | $83.12^{**}$ | $273.20^{**}$ | $442.39^{**}$ | $83.12^{**}$ | $273.20^{**}$ | $442.39^{**}$ |
| سن‌گیاهچه × گونه<br>WSA×S | 2 | $1.68^{ns}$ | $1.75^{ns}$ | $1.76^{ns}$ | $1.08^{ns}$ | $0.59^{ns}$ | $2.76^{ns}$ | $1.08^{ns}$ | $0.59^{ns}$ | $2.76^{ns}$ |
| نسبت × گونه<br>PP×S | 3 | $43.86^{**}$ | $34.50^{**}$ | $10.92^{**}$ | $25.45^{**}$ | $64.31^{**}$ | $60.68^{**}$ | $25.45^{**}$ | $64.31^{**}$ | $60.68^{**}$ |
| سن‌گیاهچه × نسبت × گونه<br>WSA×PP×S | 6 | $0.40^{ns}$ | $0.34^{ns}$ | $2.25^{ns}$ | $0.19^{ns}$ | $0.85^{ns}$ | $0.94^{ns}$ | $0.19^{ns}$ | $0.85^{ns}$ | $0.94^{ns}$ |

[a] سن گیاهچه علف‌هرز هنگام انتقال نشاء (۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز)؛ [b] نسبت تعداد گیاهچه علف‌هرز به برنج در هر کپه (۴:۰، ۳:۱، ۲:۲، ۱:۳، ۰:۴)؛ [c] گونه کاشته‌شده (برنج و سوروف‌آبی)؛ * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns: عدم تفاوت معنی‌دار

[a] Weed seedlings ages at the time of transplanting (10, 20 and 30 days); [b] Planting proportions of rice and watergrass in each hill (0:4, 1:3, 2:2, 3:1, and 4:0, weed:rice), [c] Species (rice and weed); * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: non significant.

جدول ۲- اثرات نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تولید نسبی پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و شاخص غالبیت برنج بر اساس تولید پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه[a]

**Table 2- The effects of planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) on biological and grain yield, harvest index, relative yield of tiller, biological yield and grain yield, and aggressivity index of rice based on tiller, biological yield and grain yield[a]**

| نسبت علف‌هرز:برنج Weed:rice proportion | عملکرد بیولوژیک Biological yield | | | عملکرد دانه Grain yield | | | شاخص برداشت Harvest index | | | تولید پنجه نسبی Tiller relative yield | | | عملکرد بیولوژیک نسبی Biological relative yield | | | عملکرد دانه نسبی Grain relative yield | | | شاخص غالبیت برنج بر اساس Aggressivity index of rice based on | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تفاوت[b] Prob.[b] | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تفاوت Prob. | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تفاوت Prob. | برنج Rice | علف‌هرز Weed | مجموع Total | برنج Rice | علف‌هرز Weed | مجموع Total | برنج Rice | علف‌هرز Weed | مجموع Total | تولید پنجه Tiller | عملکرد بیولوژیک Biological yield | عملکرد دانه Grain yield |
| سال اول **First year** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1w:3R | 3615.31$^{b}$ | 6389.85$^{c}$ | ** | 1789.89$^{b}$ | 2760.12$^{c}$ | ** | 43.26$^{b}$ | 38.12$^{a}$ | ** | 0.56$^{a}$ | 0.58$^{c}$ | 1.14$^{a}$ | 0.54$^{a}$ | 0.71$^{c}$ | 1.25$^{a}$ | 0.46$^{a}$ | 0.76$^{c}$ | 1.22$^{a}$ | -0.01$^{a}$ | -0.18$^{a}$ | -0.30$^{a}$ |
| 2w:2R | 2544.67$^{c}$ | 7528.27$^{b}$ | ** | 1303.67$^{c}$ | 3187.88$^{b}$ | ** | 44.48$^{b}$ | 37.41$^{ab}$ | ** | 0.43$^{b}$ | 0.77$^{b}$ | 1.20$^{a}$ | 0.38$^{b}$ | 0.85$^{b}$ | 1.23$^{a}$ | 0.34$^{b}$ | 0.87$^{b}$ | 1.21$^{a}$ | -0.34$^{b}$ | -0.47$^{b}$ | -0.54$^{b}$ |
| 3w:1R | 1784.24$^{c}$ | 8159.05$^{b}$ | ** | 999.18$^{c}$ | 3395.20$^{ab}$ | ** | 49.11$^{a}$ | 36.71$^{bc}$ | ** | 0.28$^{c}$ | 0.88$^{a}$ | 1.16$^{a}$ | 0.27$^{c}$ | 0.92$^{a}$ | 1.19$^{a}$ | 0.26$^{c}$ | 0.93$^{a}$ | 1.19$^{a}$ | -0.60$^{c}$ | -0.65$^{c}$ | -0.67$^{c}$ |
| monoculture | 6981.33$^{a}$ | 8875.73$^{a}$ | ** | 4025.33$^{a}$ | 3641.37$^{a}$ | ns | 50.71$^{a}$ | 36.13$^{c}$ | ** | | | 1$^{b}$ | | | 1$^{b}$ | | | 1$^{b}$ | | | |
| سال دوم **Second year** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1w:3R | 5218.55$^{b}$ | 6391.40$^{c}$ | * | 2248.73$^{b}$ | 2582.04$^{d}$ | ns | 38.11$^{b}$ | 35.38$^{a}$ | * | 0.55$^{a}$ | 0.55$^{c}$ | 1.10$^{a}$ | 0.55$^{a}$ | 0.59$^{c}$ | 1.14$^{a}$ | 0.51$^{a}$ | 0.65$^{c}$ | 1.16$^{a}$ | -0.01$^{a}$ | -0.04$^{a}$ | -0.14$^{a}$ |
| 2w:2R | 2711.51$^{c}$ | 8914.96$^{b}$ | ** | 1242.06$^{c}$ | 3231.61$^{c}$ | ** | 41.16$^{ab}$ | 31.83$^{b}$ | ** | 0.35$^{b}$ | 0.71$^{b}$ | 1.07$^{b}$ | 0.29$^{b}$ | 0.82$^{b}$ | 1.11$^{a}$ | 0.28$^{b}$ | 0.81$^{b}$ | 1.10$^{b}$ | -0.41$^{b}$ | -0.53$^{b}$ | -0.53$^{b}$ |
| 3w:1R | 1581.87$^{d}$ | 10298.76$^{a}$ | ** | 766.42$^{d}$ | 3630.66$^{b}$ | ** | 44.07$^{a}$ | 31.03$^{b}$ | ** | 0.19$^{c}$ | 0.87$^{a}$ | 1.06$^{b}$ | 0.17$^{c}$ | 0.94$^{a}$ | 1.11$^{a}$ | 0.17$^{c}$ | 0.91$^{a}$ | 1.09$^{b}$ | -0.67$^{c}$ | -0.78$^{c}$ | -0.74$^{c}$ |
| Monoculture | 9589.33$^{a}$ | 10951.47$^{a}$ | * | 4476.75$^{a}$ | 3969.30$^{a}$ | ns | 41.05$^{ab}$ | 32.06$^{b}$ | ** | | | 1$^{c}$ | | | 1$^{b}$ | | | 1$^{c}$ | | | |

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۳- اثرات سن گیاهچه سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) هنگام نشاکاری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تولید نسبی پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و شاخص غالبیت برنج بر اساس تولید پنجه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه[a]

**Table 3- The effects of watergrass (*E. oryzoides*) seedlings ages at the time of transplanting on biological and grain yield, harvest index, relative yield of tiller, and biological yield and grain yield, and aggressivity index of rice based on tiller, biological yield and grain yield,[a]**

| سن گیاهچه علف‌هرز | عملکرد بیولوژیک Biological yield | | | عملکرد دانه Grain yield | | | شاخص برداشت Harvest index | | | تولید پنجه نسبی Tiller relative yield | | عملکرد بیولوژیک نسبی Biological relative yield | | عملکرد دانه نسبی Grain relative yield | | شاخص غالبیت برنج بر اساس Aggressivity index of rice based on | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weed seedling ages (day) | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تفاوت[b] Prob.[b] | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تفاوت Prob. | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تفاوت Prob. | برنج Rice | علف‌هرز Weed | برنج Rice | علف‌هرز Weed | برنج Rice | علف‌هرز Weed | تولید پنجه AT | عملکرد بیولوژیک ABY | عملکرد دانه AGY |
| سال اول First year | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3965.34$^{a}$ | 7114.14$^{b}$ | ** | 2209.40$^{a}$ | 3031.89$^{b}$ | ** | 48.70$^{a}$ | 37.75$^{a}$ | ** | 0.47$^{a}$ | 0.67$^{b}$ | 0.45$^{a}$ | 0.75$^{b}$ | 0.42$^{a}$ | 0.80$^{b}$ | -0.21$^{a}$ | -0.30$^{a}$ | -0.38$^{a}$ |
| 20 | 3950.98$^{a}$ | 7371.08$^{b}$ | ** | 2160.42$^{a}$ | 3075.00$^{b}$ | ** | 47.54$^{a}$ | 36.90$^{b}$ | ** | 0.45$^{a}$ | 0.68$^{b}$ | 0.44$^{a}$ | 0.78$^{b}$ | 0.39$^{a}$ | 0.81$^{b}$ | -0.23$^{a}$ | -0.34$^{a}$ | -0.41$^{a}$ |
| 30 | 3277.84$^{a}$ | 8729.45$^{a}$ | ** | 1718.73$^{b}$ | 3631.54$^{a}$ | ** | 44.43$^{b}$ | 36.62$^{b}$ | ** | 0.36$^{b}$ | 0.87$^{a}$ | 0.30$^{b}$ | 0.96$^{a}$ | 0.24$^{b}$ | 0.95$^{a}$ | -0.51$^{b}$ | -0.66$^{b}$ | -0.71$^{b}$ |
| سال دوم Second year | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | 42.79$^{a}$ | 32.78$^{a}$ | ** | 0.40$^{a}$ | 0.69$^{a}$ | 0.38$^{a}$ | 0.80$^{a}$ | 0.37$^{a}$ | 0.77$^{b}$ | | | |
| 20 | | | | | | | 40.98$^{a}$ | 34.05$^{a}$ | ** | 0.34$^{ab}$ | 0.73$^{a}$ | 0.29$^{ab}$ | 0.77$^{a}$ | 0.31$^{ab}$ | 0.77$^{b}$ | | | |
| 30 | | | | | | | 39.52$^{a}$ | 30.89$^{b}$ | ** | 0.30$^{b}$ | 0.69$^{a}$ | 0.34$^{b}$ | 0.77$^{a}$ | 0.28$^{b}$ | 0.84$^{a}$ | | | |

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هر یک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) بالاتر بودن مجموع عملکرد نسبی از یک در بعضی موارد را به‌دلیل کاهش تداخل در مخلوط نسبت به تک‌کشتی به‌واسطه تفاوت در مسیر جذب منبع (Fischer et al., 2000) در گیاه سه‌کربنه برنج و گیاه چهارکربنه سوروف دانستند. اگرچه در این آزمایش مجموع عملکرد نسبی بر اساس تعداد پنجه و وزن خشک شاخساره برنج و سوروف بالاتر و پایین‌تر از مقادیر معنی‌دار نبود که به معنای رقابت برنج و سوروف بر سر منابع یکسان می‌باشد. ایشان معنی‌دار بودن تفاوت مجموع عملکرد نسبی از یک را بر اساس یک معیار تمایز[1] سنجیدند که به‌ترتیب برای تعداد پنجه و وزن خشک شاخساره مقادیر کم‌تر از 0/76 و 0/74 و بیش‌تر از 1/23 و 1/26 را متفاوت از یک نمی‌دانست. ضمناً انجام آزمایش در گلدان با ایجاد محدودیت در توسعه ریشه و عموماً شاخساره، شانس گونه‌ها در تمایز آشیانه اکولوژیک و بهره‌برداری مکمل از منابع را کاهش می‌دهد.

سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاکاری نیز عملکرد نسبی را تحت تأثیر قرار داد. در سوروف‌آبی در سال اول آزمایش عملکرد نسبی پنجه، بیولوژیک و دانه و در سال دوم آزمایش تنها عملکرد نسبی دانه علف‌هرز در تیمار گیاهچه‌های 30 روزه بیش‌تر از گیاهچه‌های 10 و 20 روزه بود. در این سال عملکرد نسبی برنج در تیمار گیاهچه‌های 30 روزه کم‌تر از عملکرد نسبی آن در تیمارهای گیاهچه‌های 10 و 20 روزه بود. در سال دوم آزمایش عملکرد نسبی برنج در تیمار گیاهچه‌های 20 روزه تفاوت معنی‌داری با دو سطح دیگر نداشت؛ امّا عملکرد نسبی تیمار گیاهچه‌های 10 روزه بیش‌تر از عملکرد نسبی برنج در تیمار گیاهچه‌های 30 روزه بود (جدول 3).

نمودار طرح سری‌های جانشینی که یک مدل رقابتی است جهت نمایش تأثیر دوجانبه (Harper, 1977) و ارزیابی قابلیت رقابت برنج در مقابل سوروف، در هر نسبت مخلوط رسم شد (شکل‌های 1، 2 و 3). شکل نمودارهای جایگزینی بر اساس عملکرد نسبی، می‌تواند به‌عنوان شاخصی از میزان تداخل بین دو گونه رقیب به‌کار رود؛ اگر خطوط یکدیگر را در نسبت 50:50 مخلوط قطع کنند، دو گونه دارای قابلیت رقابت نسبتاً یکسانی هستند (Estorninos Jr. et al., 2002; Harper, 1977).

بررسی نمودارها نشان می‌دهد که خطوط عملکرد نسبی غالباً یکدیگر را در نسبت 3:1 علف‌هرز: برنج (و حتی قبل از آن) قطع می‌کنند که بیانگر قابلیت رقابت بالاتر علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی است. همچنین به‌طور کلی، مشاهده می‌شود که کاهش سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاکاری هرچند به‌میزان کم، سبب افزایش قابلیت رقابت گیاه زراعی می‌شود (محل تقاطع خطوط اندکی به‌سمت راست متمایل می‌شود).

شاخص غالبیت با استفاده از مقادیر تعداد پنجه هنگام برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه محاسبه شد و تجزیه واریانس روی داده‌های محاسبه شده انجام شد (جدول 1). شاخص غالبیت موفقیت نسبی دو گونه گیاهی در بهره‌برداری از منابع را تعیین و معیاری برای ارزیابی تداخل بین چند گونه گیاهی فراهم می‌کند. منفی بودن مقادیر این شاخص برای برنج نشان می‌دهد که توانایی رقابت علف‌هرز از برنج بیش‌تر است. کمّیت این شاخص نیز میزان این تفاوت را نشان می‌دهد. شاخص غالبیت در میانگین دو سال برای برنج بر اساس تولید نهایی پنجه، عملکرد بیولوژیک و دانه به‌ترتیب 0/34-، 0/44- و 0/49- محاسبه شد.

شاخص غالبیت تحت تأثیر نسبت کاشت قرار گرفت و با افزایش سهم هر گونه در نسبت‌کاشت، مقدار این شاخص افزایش یافت (جدول2). همچنین در سال اول اثر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاکاری نیز بر شاخص غالبیت معنی‌دار بود و در گیاهچه‌های 30 روزه متفاوت از گیاهچه‌های 10 و 20 روزه بود (جدول 3).

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، با افزایش سهم هر گونه در نسبت‌کاشت، عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در نسبت‌های کاشت 1:3، 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج به‌ترتیب در برنج مقادیر عملکرد بیولوژیک 1/7، 2/6، 4/4 و 8/3 تن در هکتار و مقادیر عملکرد دانه 0/9، 1/3، 2/0 و 4/3 تن در هکتار و در سوروف‌آبی برای عملکرد بیولوژیک 6/4، 8/2، 9/3 و 10/0 تن در هکتار و برای عملکرد دانه 2/7، 3/2، 3/5 و 3/8 تن در هکتار بود. افزایش تراکم گونه رقیب به 20، 40 و 60 بوته در مترمربع به‌ترتیب سبب 47، 68 و 79 درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک و 53، 70 و 79 درصد کاهش در عملکرد دانه برنج و 7، 17 و 35 درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک و 8، 16 و 30 درصد کاهش

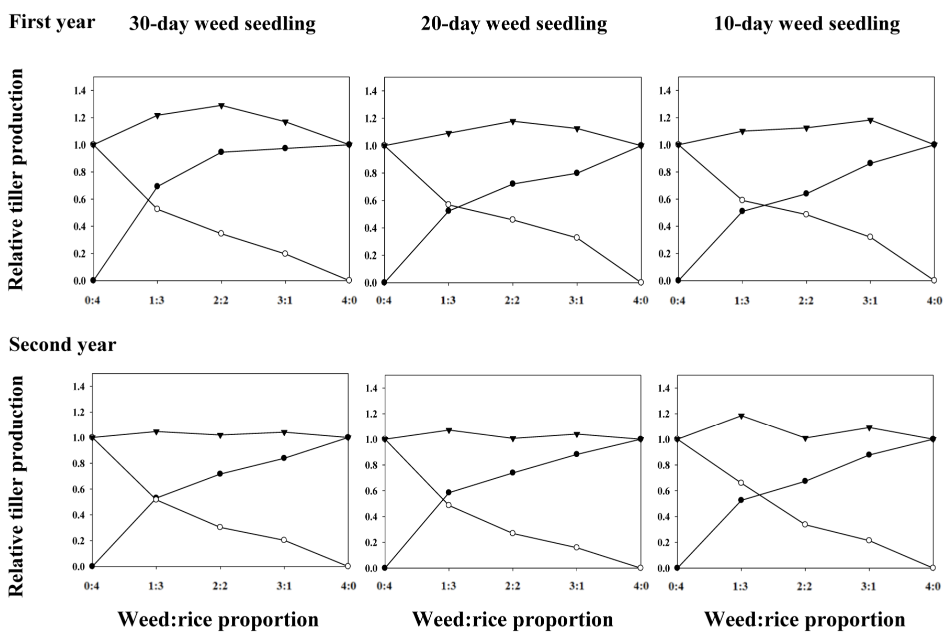
1- Cut off

در عملکرد دانه سوروف‌آبی شد. در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج عملکرد دانه در سال دوم در دو گونه مشابه بود؛ امّا در سایر مخلوط‌ها، در علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. عملکرد بیولوژیک تک‌کشتی سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج ولی عملکرد دانه دو گونه مشابه بود. در سال اول آزمایش، عملکرد بیولوژیک و دانه گیاهچه‌های 30 روزه علف‌هرز بیش‌تر از گیاهچه‌ای 10 و 20 روزه بود و سبب کاهش بیش‌تر عملکرد دانه برنج شد؛ اگرچه در همه سنین گیاهچه علف‌هرز عملکرد سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج متناظر بود.

افزایش حضور گونه رقیب سبب افزایش شاخص برداشت هر دو گونه شد. در تمامی نسبت‌های کاشت، شاخص برداشت برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود و بوته‌هایی که در رقابت با گیاهچه‌های 30 روزه سوروف‌آبی بودند، شاخص برداشت کم‌تری در سال اول نشان دادند. کم‌ترین مقدار شاخص برداشت علف‌هرز در گیاهچه‌های 30 روزه ثبت شد.

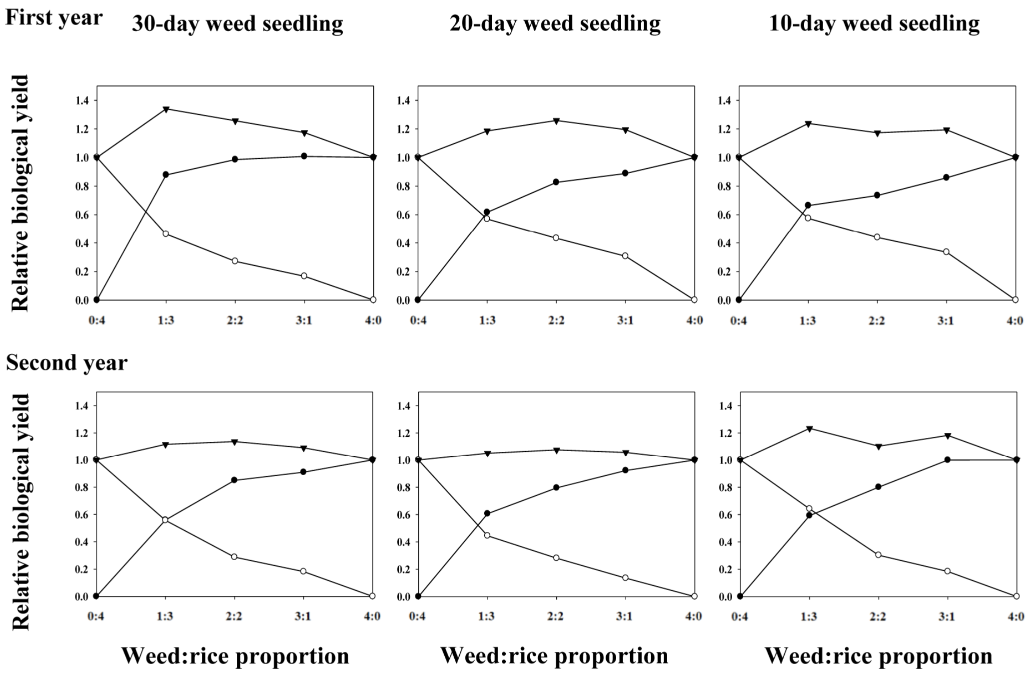
مجموع عملکرد نسبی مخلوط‌ها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تک‌کشتی بود. با افزایش تراکم نسبی و سن گیاهچه علف‌هرز، عملکرد نسبی سوروف آبی افزایش و عملکرد نسبی و شاخص غالبیت برنج کاهش یافت. بررسی کلی صفات اندازه‌گیری شده و نیز نمودار سری‌های جانشینی بیانگر قابلیت رقابت بالاتر علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی بود؛ به‌طوری‌که حضور یک گیاهچه علف‌هرز در هر کپه نیز خسارت قابل توجهی به همراه خواهد داشت.

در سال اول آزمایش، تأخیر در سبز شدن سوروف‌آبی کاهش میزان خسارت ناشی از علف‌هرز را موجب شد. امّا در سال دوم چنین نشد. عوامل آب‌وهوایی از طریق تأثیر بر سرعت رشد دو گونه توانستند زمان لازم برای برتری یافتن برنج بر سوروف‌آبی را تحت تأثیر قرار دهند. با توجه به افزایش زودهنگام درجه حرارت در سال دوم و متابولیسم چهارکربنه و سرعت فتوسنتزی بالاتر سوروف‌آبی، به نظر می‌رسد تحت شرایط گرم‌تر، نیاز به طول دوره عاری از علف‌هرز بیش‌تر باشد. مدت 20 روز تأخیر در رویش علف‌هرز در سال دوم اثری بر نتیجه رقابت نداشت و گیاهچه‌های 10 روزه سوروف‌آبی توانستند خسارتی مشابه گیاهچه‌های 30 روزه ایجاد کنند. این نتیجه را می‌توان در ارتباط با توانایی علف‌هرز در جبران اثرات سایه‌دهی دانست.



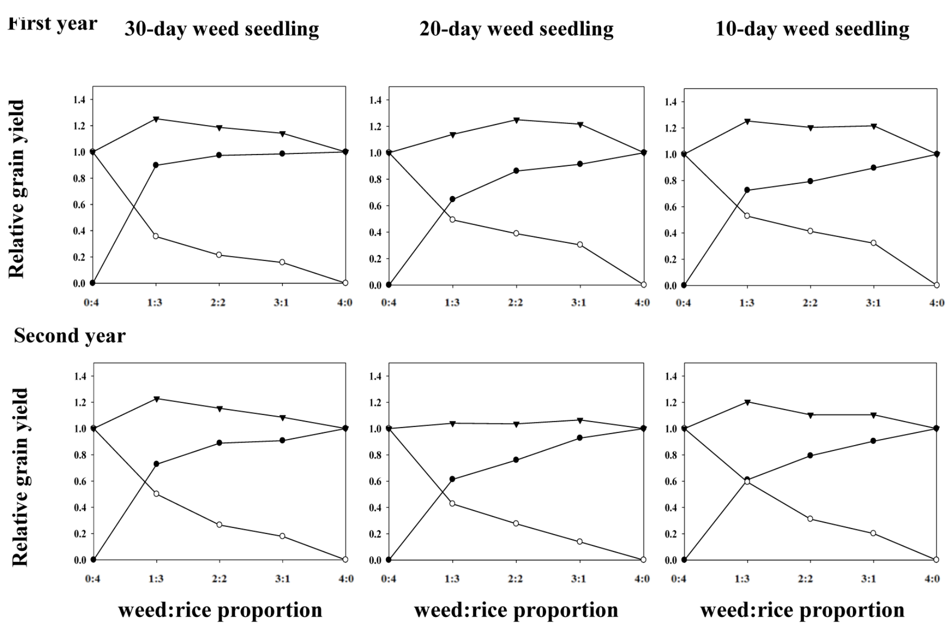

شکل 1- تولید پنجه نسبی سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) ●، برنج ○ و مجموع تولید پنجه نسبی ▼ در نسبت‌های کاشت گیاه‌زراعی: علف‌هرز و سنین گیاهچهٔ علف‌هرز هنگام نشاکاری

**Fig. 1- Relative tiller production of watergrass (*E. oryzoides*) ●, rice ○, and total relative tiller production ▼ in different planting proportions of weed: rice and weed seedlings ages**




شکل 2- عملکرد بیولوژیک نسبی سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) ●، برنج ○ و مجموع عملکرد بیولوژیک نسبی ▼ در نسبت‌های کاشت گیاه‌زراعی: علف‌هرز و سنین گیاهچهٔ علف‌هرز هنگام نشاکاری

**Fig. 2- Relative biological yield of watergrass (*E. oryzoides*) ●, rice ○, and total relative biological yield ▼ in different planting proportions of weed: rice and weed seedlings ages**




شکل3- عملکرد دانه نسبی سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) ●، برنج ○ و مجموع عملکرد دانه نسبی ▼ در نسبت‌های کاشت گیاه‌زراعی: علف‌هرز و سنین گیاهچهٔ علف‌هرز هنگام نشاکاری

**Fig. 3- Relative biological yield of watergrass (*E. oryzoides*) ●, rice ○, and total relative biological yield ▼ in different planting proportions of weed: rice and weed seedlings ages**

در وجین دستی علف‌های هرز، گیاهچه‌های علف‌هرزی که در فاصله‌ای بسیار نزدیک به گیاهچه‌های نشاء شده برنج رشد کرده باشند، شانس بقاء بیش‌تری دارند. در چنین شرایطی گیاه زراعی و علف‌هرز در فاصله‌ای بسیار نزدیک به یکدیگر قرار می‌گیرند. قرارگیری نزدیک دو گونه سبب درهم آمیختن ریشه‌های دو گونه و بالطبع رقابت شدید ریشه بین آن‌ها می‌شود. از آن‌جاکه رقابت بر سر منابع زیرزمینی نقش عمده‌ای در رقابت برنج و سوروف‌آبی ایفا می‌کند (Perera et al., 1992; Gibson et al., 1999)، بنابراین در روش رایج نشاکاری در مزارع شمال کشور، بیش‌ترین رقابت میان برنج با بوته‌های علف‌هرزی است که در فاصله‌ای بسیار نزدیک و حتی چسبیده به آن قرار گرفته‌اند. به‌طور کلی قرارگیری یک گیاهچه علف‌هرز در هر کپه، حتی اگر 20 روز پس از بذرپاشی برنج سبز شده باشد، خسارت قابل‌توجهی ایجاد می‌کند که میزان خسارت با افزایش میانگین درجه‌حرارت افزایش می‌یابد. بنابراین مشکل انتقال سوروف‌آبی از خزانه به زمین اصلی، بسیار جدی می‌نماید و سبب گسترش بیش‌تر این گونه در منطقه خواهد شد. لذا برای کاهش خسارت سوروف‌آبی، مدیریت این علف‌هرز در خزانه و اجتناب از انتقال آن از خزانه به زمین اصلی باید در اولویت قرار گیرد.

**References**


De Wit, C.T., and Van Den Bergh, J.P., 1965. Competition between herbage plants. Netherlands Journal of Agricultural Science 13: 212–221.

Estorninos, Jr. L.E., Gealy, D.R., and Talbert, R.E., 2002. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. Weed Technology 16: 401–406.

Fischer, A.J., Messersmith, C.G., Nalewaja, J.D., and Duysen, M.E., 2000. Interference between spring cereals and *Kochia scoparia* related to environment and photosynthetic pathways. Agronomy Journal 92: 173–181.

Forcella, F., Benech-Arnold, R.L., Sanchez, R., and Ghersa, C.M., 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Research 67: 123–139.

Gealy, D.R., Estorninos, Jr. L.E., Gbur, E.E., and Chavez, R.S.C., 2005. Interference interactions of two rice cultivars and their F3 cross with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in a replacement series study. Weed Science 53: 323–330.

Gibson, K.D., and Fischer A.J., 2001. Relative growth and photosynthetic response of water-seeded rice and *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch to shade. International Journal of Pest Management 47: 305–309.

Gibson, K.D., Foin, T.C., and Hill, J.E., 1999. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and watergrass. Weed Research 39: 181–190.

Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C., and Hill, J.E., 2002. Implications of delayed *Echinochloa* germination and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. Weed Research 42: 351–358.

Gibson, K.D., Fischer, A.J., and Foin, T.C., 2004. Compensatory responses of late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) and rice to resource limitations. Weed Science 52: 271–280.

Harper, J.L., 1977. Population Biology of Plants. London: Academic Press.

Holt, J.S., 1995. Plant responses to light: a potential tool for weed management. Weed Science 43: 474–482.

Johnson, D.E., Wopereis, M.C.S., Mbodj, D., Diallo, S., Powers, S., and Haefele, S.M., 2004. Timing of weed management and yield losses due to weeds in irrigated rice in the Sahel. Field Crops Research 85: 31-42.

LeStrange, M., 1981. Competition between rice (*Oryza sativa*) and barnyardgrass (*Echinochloa* spp.): the influence of rice stature, barnyardgrass density, and nitrogen fertility. M.Sc Thesis, University of California, Davis, CA.

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Yaghoubi, B., 2019. Effects of emergence time in nursery and density of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on competitive ability with rice (I. During season studies: Growth and development). Journal of Agroecology 11(3): 955-974.

Ni, H., Moody, K., and Robles, R.P., 2000. *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. Weed Science 48: 200–204.

Ni, H., Moody, K., and Robles, R.P., 2004. Analysis of competition between wet-seeded rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) using a response–surface model. Weed Science 52: 142–146.

Ottis, B.V., and Talbert, R.E., 2007. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and rice density effects on rice yield components. Weed Technology 21: 110–118.

Patterson, D.T., 1995. Effects of environmental-stress on weed/crop interactions. Weed Science 43: 483–490.

Perera, K.K., Ayres, P.G., and Gunasena, H.P.M., 1992. Root growth and the relative importance of root and shoot competition in interactions between rice (*Oryza sativa*) and *Echinochloa crus-gall*i. Weed Research 32: 67–76.

Perez, de Vida F.B., Laca, E.A., Mackill, D.J., Fernandez, G.M., and Fischer, A.J., 2006. Relating rice traits to weed competitiveness and yield: a path analysis. Weed Science 54: 122–1131.

Radosevich, S.R., 1987. Methods of interactions among crops and weeds. Weed Technology 1: 190–198.

Ryser, P., and Eek, L., 2000. Consequences of phenotypic plasticity vs. interspecific differences in leaf and root traits for acquisition of aboveground and belowground resources. American Journal of Botany 87: 402–411.

Smith, Jr. R.J., 1968. Weed competition in rice. Weed Science 16: 252–254.

Suzuki, M., and Suto, T., 1975. Emergence of weeds in paddy rice fields 3. Weed emergence and weed damage in paddy rice fields. Weed Research of Japan 20: 114–117.

Wang, G., McGiffen, Jr. M.E., and Ehlers, J.D., 2006. Competition and growth of six cowpeas (*Vigna unguiculata*) genotypes, sunflower (*Helianthus annuus*), and common purslane (*Portulaca oleracea*). Weed Science 54: 954–960.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1225-1239

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1239-1225

# Effects of Emergence Time in Nursery and Density of Watergrass (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch) on Competitive Ability with Rice (*Oryza sativa* L.) (II. End Season Studies: Yield and Competitiveness)

E. Mohammadvand[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and B. Yaghoubi[3]

Submitted: 21-06-2018
Accepted: 11-11-2018

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Yaghoubi, B. 2020. Effects of emergence time in nursery and density of watergrass (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch) on competitive ability with rice (*Oryza sativa* L.) (II. End season studies: yield and competitiveness). Journal of Agroecology. 11 (4): 1225-1239.

**Introduction**
Weed–crop competition as one of the main reasons for crop loss is often influenced by many factors including emergence time and density of competing species. Patterns of weed seedling emergence affect the outcome of weed–crop interference interactions. Information on weed seedling emergence in relation to crop seeding will assist in developing an optimum weed control program.
Weeds emerge simultaneously with a crop, have the greatest potential impact on crop production. Results from Chauhan & Johnson (2010) showed the advantage for weeds over rice in situations where these species emerge earlier in the growing season because of significantly greater biomass production comparing to those emerging later in the season. Minimal shading and competition for nutrients and soil moisture are associated with early emergence.
The importance of density in competition studies is because of the relationship among plant yield, number of individuals, and resources present. Increasing the density may enhance the plant's share of the total resource pool and reduce resource availability for adjacent plant. Thus, to analyze competition between the crop and weeds, the variation in density should be considered. Season-long competition with watergrass at densities of 86 and 36 plants/m$^2$ reduced rice yields by 59% and 46%, respectively.
Understanding relative aggressiveness of component species is required for the integrated weed management and it would improve weed management strategies. For watergrass as a relatively new-introduced weed species in paddy rice fields of Guilan province, it is essential to investigate the effects of the emergence time in nursery, to determine weed seedling ages at the time of transplanting, as well the amount of weed seedling translocation characterizing weed density in the field.

**Materials and Methods**
Factorial arrangements of watergrass seedlings ages at the time of transplanting (10, 20 and 30 days), and plant proportions of weed:rice (0:4, 1:3, 2:2, 3:1, and 4:0) were designed as a randomized complete block with three replications to study yield characteristics and competitive ability of watergrass and rice over two years of a field experiment. Individual plants of each hill constituted as a single experimental unit. The area between individual hills was hand-weeded to avoid competition from other species. At rice maturity stage, plants were harvested, and rice and watergrass panicles were separated from stems by hand. Panicles were dried to a constant weight at 75 ℃, and weights were determined. Grain weights standardized to 12% moisture content. Biological yields of rice and watergrass were also measured after sampling their above-ground parts from an area of 1 m$^2$ and drying at 75 ℃ until constant weight. Data were subjected to ANOVA, and means were separated using Fisher's Protected LSD at $P < 0.05$. Competitiveness of the species was assessed based on the relative yield (the ratio between the production of the species in the mixture and in monoculture), relative yield total (total relative yield of the two associated species), aggressivity index and

---

1- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, and Former Ph.D Student of Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2 and 3– Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Associate Professor Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.64039

replacement series diagrams (models describing the possible outcomes of the interaction of two species when grown in a replacement series).

**Results and Discussion**

For each species, the greater ratio at the planting proportion, the higher biological yield, grain yield, relative yield, and aggressivity index, but the lower harvest index. When grown in monocultures, and 1 weed: 3 rice of the second year, the two species produced similar grain yield; however in the other mixtures watergrass produced more biological and grain yield compared to the rice. Harvest index of rice was greater than watergrass in all planting proportions. In the first year, trials of 30-day watergrass seedling ages represented the highest values of biological-, grain-, and relative yield, and the lowest values of grain and relative yield of rice and harvest indices of both species. Also, for all watergrass seedling ages in both years, weed production was more than rice.

**Conclusion**

Investigating grain and biological yield, and relative yield of both species, and aggressivity index of rice, beside replacement series diagrams exhibited higher competitiveness for watergrass comparing to rice. Therefore, it is important to maintain watergrass control in order to insure the sustainability of transplanted rice production.

**Keywords:** Competition, Emergence patterns, Planting proportion, Relative density